Mitt. POLLICHIA	81	291-299	7 Abb.	Bad Dürkheim 1994
				ISSN 0341-9665

Volker Wilhelmi

Grundlegende Untersuchungen zur biologischen Zersetzung im Waldboden

Kurzfassung

Wilhelmi, V. (1994): Grundlegende Untersuchungen zur biologischen Zersetzung im Waldboden.- Mitt. POLLICHIA, **81**: 291-299, Bad Dürkheim

Die biologische Aktivität im Fichtenhumus wurde über die CO_2-Exhalationsraten bestimmt. Unter Laborbedingungen waren Temperaturen von 20-35° C und Wassergehalte von 40-60% optimal. Hohe Säuregrade hemmen die Aktivität: die bei pH Werten von < 2,4 ermittelten niedrigen CO_2-Raten weisen auf hochresistente bzw. an Säure angepaßte Mikroorganismen-Populationen hin. Der oberste, Ol-Horizont des Humus ist mit ca. 50% der gesamten potentiellen C-Mineralisation beteiligt.
Es wird deutlich, daß die Versauerung der organischen Horizonte durch sauren Regen den Ionenkreislauf im Waldökosystem empfindlich beeinträchtigt.

Abstract

Wilhelmi, V. (1914): Grundlegende Untersuchungen zur biologischen Zersetzung imWaldboden. [Principal investigations of the biological decay in forest soil].- Mitt. POLLICHIA, **81**: 291-299, Bad Dürkheim]

The biological activity in organic soil layers beneath spruce trees was determined by measuring the rates of carbon dioxide emission. Under laboratory conditions, biological activity was found to be optimal at temperatures ranging from 20 to 35 ° C and at water contents ranging from 40 to 60%. High acidity inhibits the activity: the low emission rates observed at pH < 2,4 indicate populations of microorganisms highly resistant to acid.
The OL-horizon was found to contribute 50% of the total potential C-mineralisation.
It may be postulated that the acidification of organic soil material by acid rain handicaps the mineral nutrients cycle of forest ecosystem badly.

Résumé

Wilhelmi, V. (1994): Grundlegende Untersuchungen zur biologischen Zersetzung imWaldboden [Recherches fondamentales sur la décomposition biologique dans le sol forestier].- Mitt. POLLICHIA, 81: 291-299, Bad Dürkheim

L'activité biologique dans l'humus de sapin est déterminée d'après les taux d'exhalation de CO_2. Dans des conditions de laboratoire, des températures de 20 à 35 °C et des teneurs en eau de 40 à 60 % étaient les plus favorables. Des degrés d'acidité élevés entravent l'activité: les taux de CO_2 inférieurs lors des valeurs de pH de moins de 2,4 signalent des populations de microorganismes très résistantes ou bien adaptées à l'acidité. L'horizon OL supérieur de l'humus fait partie avec environ 50 % de toute la minéralisation C potentielle.
Il se manifeste que les horizons organiques devenus acides par la pluie acide portent atteinte à la circulation d'ions dans l'écosystème forestier fragile.

1. Einleitung

Untersuchungen zur Bodenbiologie beziehen sich meist entweder auf bodenzoologische Faunenbestimmungen oder aber mikrobiologische Meßparameter wie z.B. die Bestimmung des Pilz- und Bakterienbesatzes.

Über die Wechselwirkungen der Mikrobiologie in den oberen Bodenhorizonten mit den Reaktionen der Vegetation wird dagegen wenig berichtet.

Während es schon viel Mühe bedeutet, im Labor kontrollierbare Situationen zu simulieren, ist der Aufwand vor Ort am Standort nochmals höher: es bedarf hier einer größeren Probenzahl (Repräsentativität !) ebenso wie der stetigen Auseinandersetzung mit klimatischen Bedingungen (v.a. Temperatur und in direkter Kombination die Niederschläge). Zudem müssen Möglichkeiten bestehen, die Untersuchungen vor Ort durchführen zu können. Der „Lohn" für diese Mehrarbeit ist aber deutlich: die Ergebnisse – mit Labormessungen ergänzt– sind original, d.h. sie können direkt auf andere Standorte (ohne mögliche Laborverfälschung) übertragen werden, und die ermittelten Wechselwirkungen können wichtige Hinweise auf allgemeine Zusammenhänge im Ökosystem Wald aufzeigen.

Auf Waldböden wird die abgefallene Streu mikrobiologisch zu unterschiedlichen Humusformen zersetzt. Die Akkumulation dieser Formen ist von einer Reihe von Faktoren abhängig, wie z.B. der dominierenden Baumart des Standortes, dem Durchforstungsgrad, dem Typ und dem chemischen Zustand des Mineralbodens sowie der Belastung durch anthropogene Schadstoffe. So macht die Gesamthumusauflage unter Buchen ca. 10 - 30t /ha aus, während sie unter Fichten 100 - 200 t /ha betragen kann (Wilhelmi 1987). Die auf Waldböden abgelagerte Streu wird durch Pilze und Bakterien zersetzt, wobei das Verhältnis der pilzlichen Biomasse zur bakteriellen Biomasse bei etwa 60:40 - 80:20 liegt. Die Abbauleistung beider Organismengruppen kann über den Summenparameter der O_2-Aufnahme bzw. über die CO_2-Produktion ermittelt werden. Saurer Regen hemmt insbesondere die CO_2-Bildung der Bakterien und damit die CO_2-Exhalation von Waldböden. Die mineralische Ernährung von Waldbäumen wird seit den 80er Jahren verstärkt von der Ionenverfügbarkeit im Humus mitbestimmt, da zumindest bei der Fichte zur Zeit die Hauptmenge der Feinwurzeln im OF/OH-Horizont der Humusauflage anzutreffen ist (Murach 1984).

Nach Rothe (mündliche Mitteilung) liegt die Wurzelaktivität von fünfjährigen Fichten bei ca. 15 -20% der gemessenen Humusgesamtaktivität.

Wieweit beeinflußt nun der aktuelle Versauerungsgrad von Fichtenhumus die Mineralisation bzw. die Gesamtaktivität?

2. Material und Methoden

2.1. Untersuchungsstandort

Humusproben wurden am Standort Lauschhütte im Soonwald / Hunsrück (560 m ü. NN) (Forstamt Bingen) unter einem 50jährigen Fichtenbestand (Bonität 2, Schadklasse 2) entnommen. Die jährliche durchschnittliche Niederschlagsmenge (auf einer benachbarten Freilandfläche) beträgt 750 - 800 mm, die mittlere Jahrestemperatur wurde mit 5,8° C ermittelt. Der Bestand stockt auf einer Parabraunerde, deren Skelettanteil 50 - 60 % beträgt. Der Humus liegt als feinhumusreicher Moder vor.

2.2. Entnahme von Humusproben

2.2.1. CO_2-Analyse an Gesamthumusproben

Zur Bestimmung der jahresperiodischen CO_2-Exhalation von Gesamthumusproben wurden Proben der Größe 15 x 20 x 5 cm in netzförmigen PVC-Schalen auf der Parzelle eingelassen und im Freiland vermessen. Die CO_2-Menge wurde mit einem Ultrarotabsorptionsspektrometer (URAS) vermessen und durch Raumluft ersetzt, deren CO_2- Gehalt alle 2 Stunden erfaßt wurde. Die Steuerung der Anlage erfolgte automatisch.

2.2.2. Beregnung mit saurem Regen

Die Wirkung eines künstlich hergestellten sauren Regens verschiedener Säurestärken wurde ebenfalls an Gesamthumusproben untersucht. Hierzu wurden je 5 Humusproben der Maße 55 x 35 x 12 cm in 75 l Kunststoffkästen eingesetzt und 6 Wochen mit insgesamt 370 ml saurem Regen besprüht (entsprechend der Niederschlagsmenge von ca. 1000 mm/a). Der saure Regen war mit H_2SO_4 auf pH-Werte von 6.5, 3.0, 2.5, 2.0 und 1.5 eingestellt worden. Die N-Belastung mit der Lösung pH 3.0 entsprach 42 kg/ha/a, was der aktuellen Belastung von 1994, über die gerade wieder als „neueste Ursache des Waldsterbens" berichtet wird, nahe kommt.

2.2.3. CO_2-Exhalation von Humuseinzelhorizonten

Zur Bestimmung der CO_2 Abgabe der Humushorizonte OL, OF und OH wurden diese einzeln abgetragen. Im Labor wurde der Wassergehalt der Proben sowie ihr pH-Wert (H_2O) gemessen. Je 30 g frischer Humus wurde zur Bestimmung verwendet. Der angegebene Endwert wurde an 8 - 10 Einzelproben horizontweise errechnet.

3. Untersuchungsergebnisse

3. 1. C-Mineralisation des Humus

3.1.1. Bodenwassergehalte (Abb.1)

Die CO_2 -Bildungsrate der drei Humushorizonte bei 18°C in Abhängigkeit vom Wassergehalt: die optimale C-Mineralisation wurde bei einem Bodenwassergehalt von 60% ermittelt. Dabei ist die Kohlenstoffmineralisationsrate gewichtsgleicher Humusmengen beim OL-Horizont etwa doppelt so groß wie diejenige aus dem OF-Horizont. Die CO_2-Exhalation des OH-Horizontes beträgt dagegen nur 1/3 des OL-Horizontes. Somit ist die höchste biologische Aktivität in der OL-Auflage anzutreffen.

3.1.2. Bodentemperatur (Abb.2)

Die temperaturabhängigen CO_2-Bildungsraten der einzelnen Humushorizonte wurden bei einem konstanten Wassergehalt von 50 % ermittelt. Das Maximum der CO_2-Freisetzung wurde im OF-Horizont bei ca. 45°C, im OH-Horizont dagegen bei ca. 35°C ermittelt. Bei Temperaturen um den Gefrierpunkt beträgt die C-Mineralisation nur noch ca. 5% der maximalen Umsatzraten.

3.1.3. Jahresgang der C-Mineralisation (Abb. 3a - 3d)

Die Abbildungen zeigen den Verlauf der Temperatur, des Wassergehaltes, des pH-Wertes sowie die apparente C-Mineralisation für alle drei Humushorizonte bzw. den gesamten Humuskörper. Die höchsten Mineralisationsraten fallen mit den höchsten Bodenwassergehalten im Bestand zusammen. Besonders im OL-Horizont wird die biologische Aktivität v. a. durch die sommerliche Trockenheit stark gehemmt. Die beiden darunterliegenden Horizonte, die vor direkter Austrocknung geschützt sind, lassen dagegen nur geringe

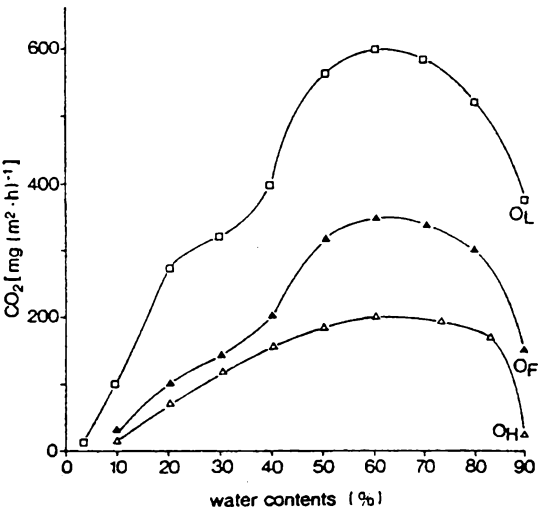


Abb. 1 C-Mineralisationsrate in Abhängigkeit vom Wassergehalt bei konstanter Temperatur (18°C)

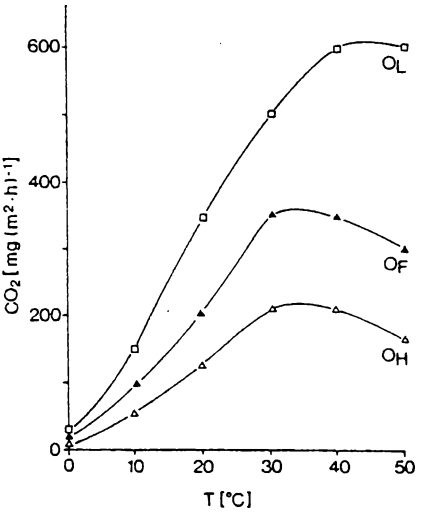


Abb. 2 C-Mineralisationsrate in Abhängigkeit von der Temperatur bei konstantem Wassergehalt (50%)

jahreszeitliche Schwankungen erkennen. Die pH-Schwankungen im Bereich von pH (H_2O) 3 bis 5 haben nur einen geringen Einfluß auf die Aktivität der einzelnen Humushorizonte. Außer den apparenten CO_2-Bildungsraten wurden die potentiell möglichen Raten bei einer Temperatur von 18°C und den aktuellen Bodenwassergehalten im Verlauf des Beobachtungszeitraumes ermittelt. Bezogen auf den Gesamthumus sind in der obersten Humusschicht 50% der potentiellen C-Mineralisation anzutreffen, während je 25% auf den OF- und OH-Horizont entfallen. Bei einer Temperatur von 18°C könnten 18% des C des OL-Horizontes freigesetzt werden, während die apparente Mineralisationsrate nur 5 -10% beträgt. Im OF-Horizont könnten 4% und im OH-Horizont 7% des Kohlenstoffs mineralisiert werden. Die apparenten Raten betragen dagegen im OF-Horizont 2 - 3% und im OH-Horizont 1 - 2%.

3.1.4. Versauerung mit künstlichem sauren Regen (Abb 4)

Proben der drei Humushorizonte (Wassergehalt ca. 15%) wurden mit künstlichem sauren Regen auf einen Wassergehalt von 50% gebracht . Nach einer Einwirkungsdauer von 24 Stunden bei 18°C wurden die pH-Werte der Proben sowie ihre CO_2- Produktion bestimmt. In Abhängigkeit von den eingestellten pH-Werten ergaben sich die dargestellten Bildungsraten. Eine optimale C-Mineralisation wird im OH-Horizont etwa ab pH 5 - 7 erreicht, im OF- und OL-Horizont jedoch erst bei pH-Werten > pH 7. Unter Standortbedingungen wurden für den OL-Horizont pH-Werte von 3.8 - 4.9 , für den OF-Horizont Werte von 3.2 - 5.0 und für den OH-Horizont solche von 3.1 - 4.2 gemessen. Die Absenkung des pH-Wertes von dem jeweils höchsten standörtlichen Wert auf den niedrigsten reduziert die potentielle C-Mineralisation um jeweils 30%. Wird der pH-Wert durch sauren Regen jedoch auf pH 2.4 abgesenkt, so vermindern sich die potentiellen C-Mineralisationsraten dagegen um ca. 70%. Werden die Boden-pH-Werte durch Kalkung auf Werte von pH 5 - 7 angehoben, so steigt nur im OL und OF-Horizont die Mineralisation.

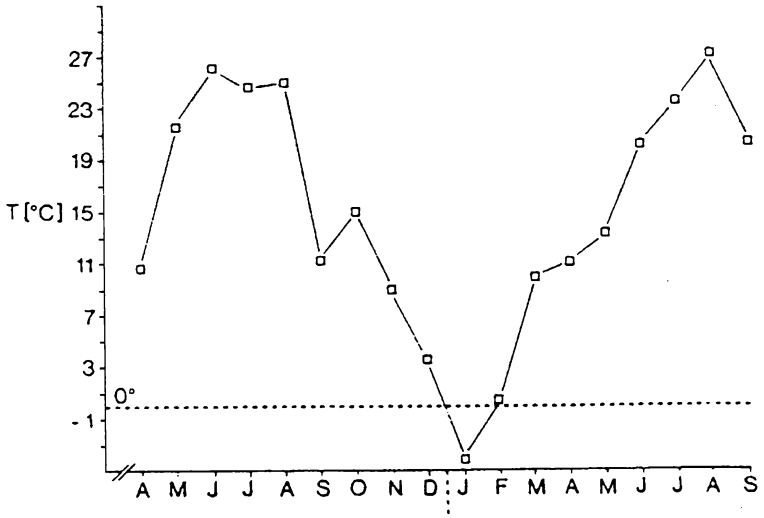


Abb. 3a Durchschnittstemperaturen im Fichten-Probenbestand

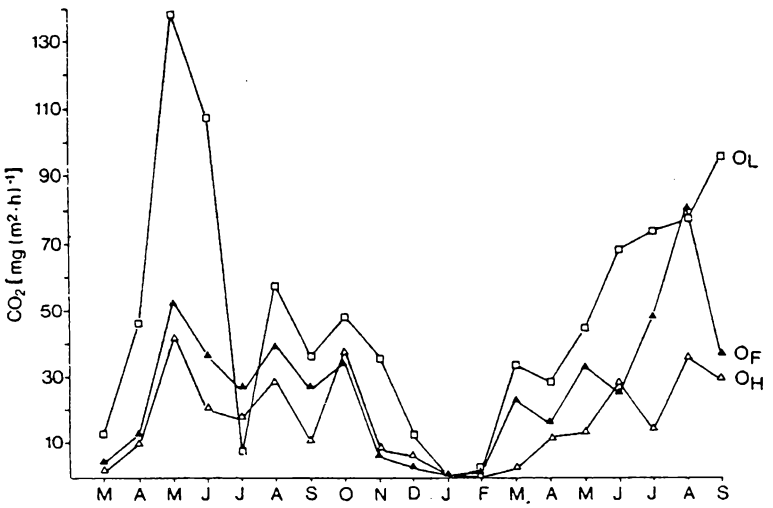


Abb. 3b Jahresgang der C-Mineralisation der drei Horizonte

Zusammengefaßt ergibt sich, daß insbesondere eine Versauerung der oberen Humuslagen deren mikrobiellen Abbau erheblich verlangsamt. Dieser Vorgang muß zwangsläufig zu einer Einschränkung der Freisetzung von organisch gebundenen Metallionen führen, so daß eine Beeinträchtigung der Nährstoffversorgung der Bäume erwartet werden muß.

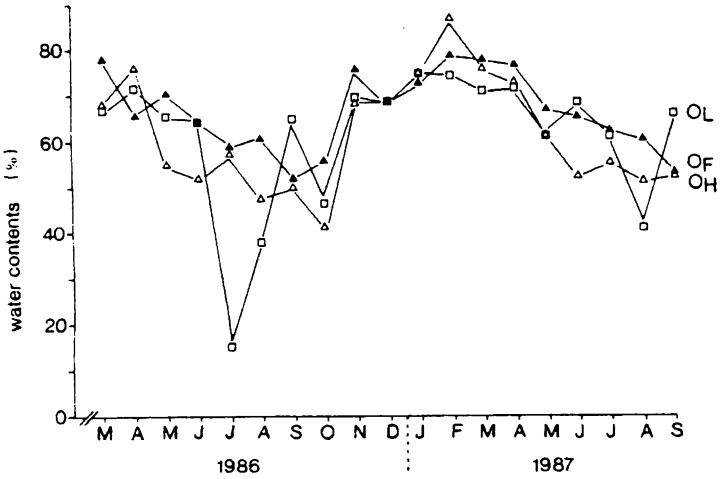


Abb. 3c Wassergehalte der Humushorizonte im Jahresgang

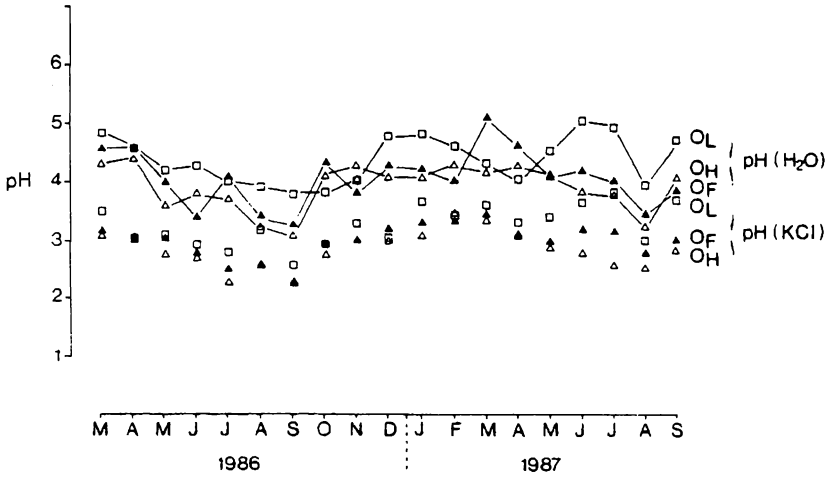


Abb. 3d Jahresgang der pH-Werte (H_2O / KCl) der Humushorizonte

4. Diskussion

Die C-Mineralisation hängt insbesondere vom Wassergehalt des Humus und seiner Temperatur ab, womit Untersuchungen anderer Arbeitsgruppen (u. a. Koepf) bestätigt werden. Die standörtlichen apparenten C-Mineralisationsraten von Fichtenhumus liegen im Durchschnitt bei 5 - 6% der Gesamt-C-Menge und damit in einem Bereich, der auch von anderen Autoren (u.a. Trolldenier) ermittelt wurde. Jahresgänge der apparententen C-Mineralisation der verschiedenen Humushorizonte wurden bisher nur von Wilhelmi publiziert. Die ermittelten Verlaufskurven zeigen, daß die maximale Bodenaktivität nicht mit dem Austreiben der Knospen im Mai zusammenfällt, wo der größte Ionenbedarf für die Bäume herrscht. Da ein entscheidender Anteil der für das Baumwachstum benötigten

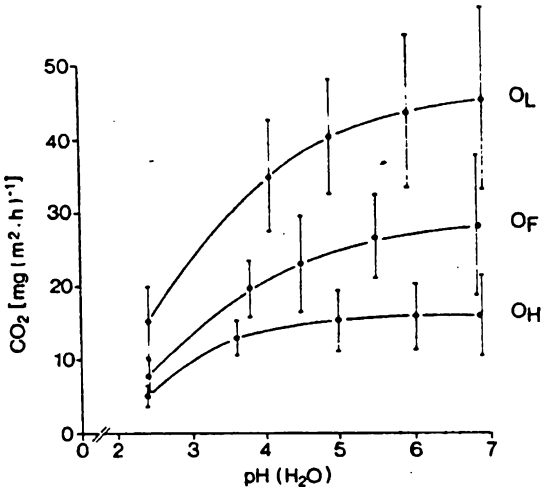


Abb. 4 C-Mineralisationsrate in Abhängigkeit vom pH-Wert bei konstanter Temperatur (18°C) und konstantem Wassergehalt (50%)

Ionen durch die Mineralisation der Streu bereitgestellt wird (u.a. Ulrich), wird andererseits verständlich, daß die Ionenaufnahme in die Nadeln erst im Herbst abgeschlossen wird, wenn die Mineralisation langsam zum Stillstand kommt. In diesem Zusammenhang ist von Interesse, daß das Absinken der Humus-pH-Werte von den apparenten maximalen Werten auf ihre minimalen Werte mit einer 30%-igen Hemmung der C-Mineralisation verbunden ist, wenn ansonsten optimale Bedingungen herrschen. Ist dies nicht der Fall, so überdeckt die Bodentemperatur den pH-Effekt. Von Interesse ist außerdem, daß die Zeiten geringster Boden-pH-Werte nicht zwangsläufig mit Trockenperioden zusammenfallen.

Danksagung

Die Untersuchungen konnten nur mit der freundlichen Unterstützung von Herrn Prof. Dr. M. Krieter (Institut für Landschaftsökologie, Universität Münster) und Herrn Prof. Dr. G. Rothe (Institut für Allgemeine Botanik, Universität Mainz) durchgeführt werden.

5. Literaturverzeichnis

Koepf, H. (1954): Untersuchungen über die biologische Aktivität des Bodens.- Z. Acker-u. Pflanzenbau, **98:** 289 - 312

Meyer, F. H. (1960): Vergleich des mikrobiellen Abbau von Fichten- und Buchenstreu auf verschiedenen Bodentypen.- Arch. Mikrobiol., 35: 340 - 360

Murach, D. (1984): Die Reaktion der Feinwurzeln von Fichten auf zunehmende Bodenversauerung.- Göttinger bodenkundl. Ber., 77

Trolldenier, G. (1983): Neuere Erkenntnisse über die mikrobielle Aktivität im Waldboden.- Allg. Forstz., **41**: 1112 -1114

Ulrich, B. (1981): Theoretische Betrachtung des Ionenkreislaufs in Waldökosystemen.- Z. Pflanzenernährung Bodenkd., **144**: 647 - 659

Wilhelmi, V. (1987): Biologisch-chemische Untersuchungen zum Streuabbau als Bewertungsgrundlage der Umweltverträglichkeit neuartiger Walddüngungsverfahren.- Dissertation Universität Mainz, 347 S.

Wilhelmi , V. &. Rothe G. M.(1990): The effect of acid rain, soil temperature and humidity on C-mineralization rates in organic soil layers under spruce.- Plant and soil, **121**: 197 - 202

Wilhelmi, V. (1991): Bodenökologische Untersuchungen zum Problemkreis Versauerung und Restabilisierung im Hunsrück und Taunus (Rheinisches Schiefergebirge), Mitt. POLLICHIA, **78**: 85 - 102, Bad Dürkheim

(Bei der Schriftleitung eingegangen am 11. 04. 1994)

Anschrift des Autors:
Dr. Volker Wilhelmi, Albert-Stohr-Str. 45, 55128 Mainz

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 1994

Band/Volume: 81

Autor(en)/Author(s): Wilhelmi Volker

Artikel/Article: Grundlegende Untersuchungen zur biologischen Zersetzung 291-299